

31

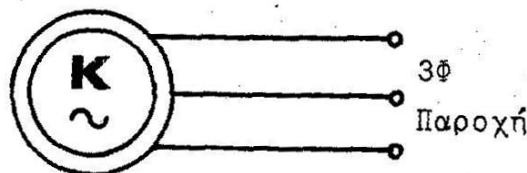
ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΣ ΔΙΠΟΛΙΚΟΣ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΜΕ ΔΡΟΜΕΑ ΚΛΩΒΟΥ

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

- Μονάδα βάσης.
- Πυρήνας στάτη 12 αυλακώσεων.
- Δρομέας κλωβού.
- Πηνία L6 (12).
- Σφήνες αυλακώσεων (12).
- Τροφοδοτικό Ε.Ρ. 240 V, 5 A, 3Φ ή εναλλακτικά 415 V, 5A.
- Τροφοδοτικό Σ.Ρ. 0-20 V, 5 A.
- Βολτόμετρο Ε.Ρ. 0-300/500 V.
- Αμπερόμετρο Ε.Ρ. 0-5 A.
- Βολτόμετρο Σ.Ρ. 0-50 V.
- Αμπερόμετρο Σ.Ρ. 0-5 A.
- Ταχύμετρο χειρός 0-5000 ΣΑΛ.
- Ταινιοπέδη 0-1,5 N.m στις 3000 ΣΑΛ.
- Βαττόμετρα EW 604 (2).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στον κινητήρα αυτό τα τυλίγματα του στάτη συνδέονται, έτσι ώστε να δίνουν τριφασικό τύλιγμα δύο πόλων συνδεσμολογίας α-στέρα ή τριγώνου. Ο κινητήρας αυτός είναι αυτοεκκινούμενος και λειτουργεί με ταχύτητα μικρότερη από τη σύγχρονη ταχύτητα που είναι 3000 ΣΑΛ.



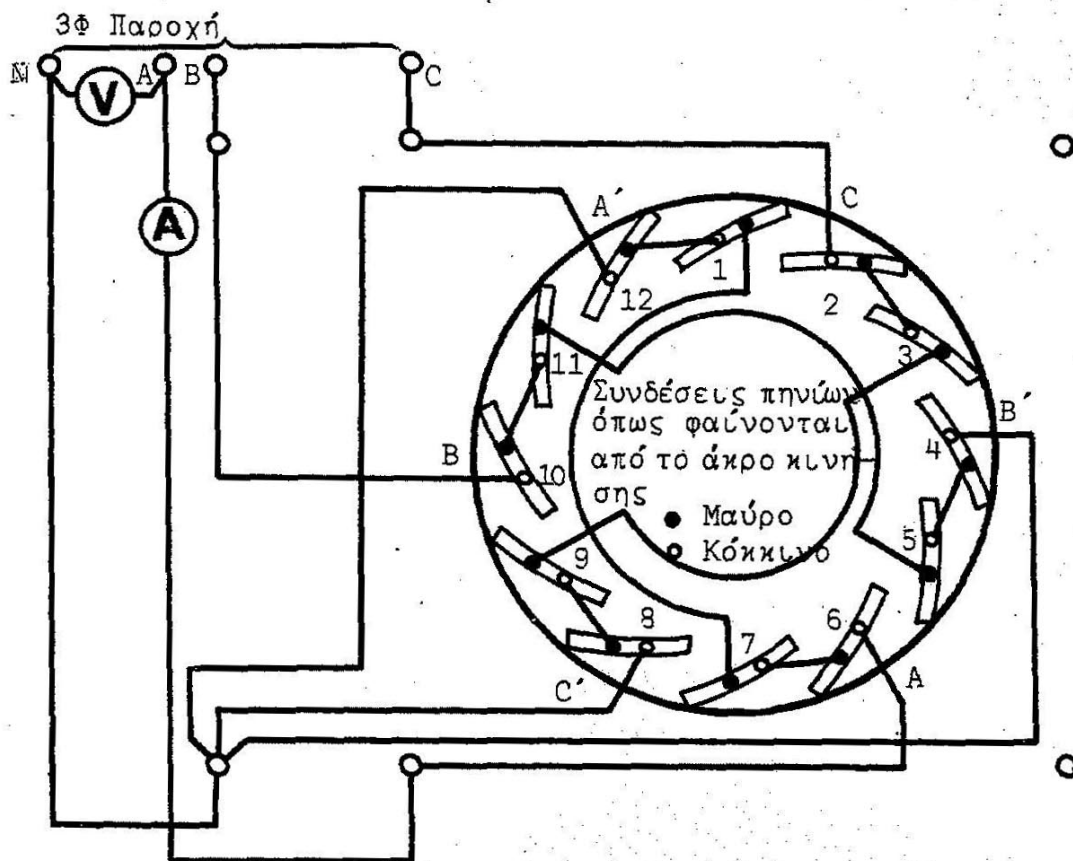
Σχ. 31-1 Διάγραμμα κυκλώματος τριφασικού επαγωγικού κινητήρα με δρομέα κλωβού

1. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ

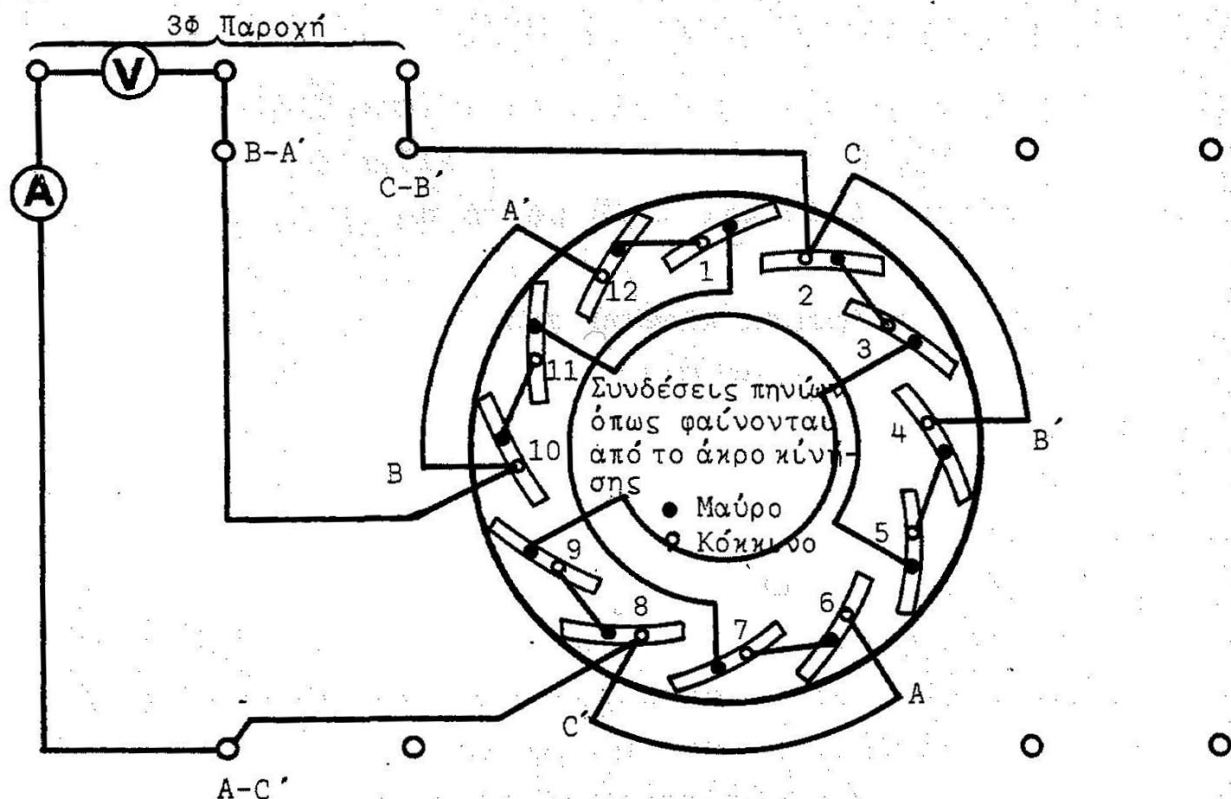
Τοποθετήστε τον τυλιγμένο στάτη στο ζύγωμα, στερεώνοντάς τον με τις δύο βίδες 1 1/4" τύπου Allen στις θέσεις των ωρών του ωρολογίου 10.00 και 2.00 με το πηνίο Αριθ. "1" προς τα πάνω.

Περάστε το δρομέα κλωβού στον άξονα, βιδώνοντας τις βίδες του κεντρικού τμήματος στις κωνικές εγκοπές στην πλευρά του άξονα που δεν συνδέεται φορτίο. Τοποθετήστε τον άξονα στη θέση του και βιδώστε το αφαιρετό περίβλημα στη βάση της EMT 180. Πριν σφίξετε τελικά τις βίδες του αφαιρετού περιβλήματος εδράνου στη βάση, βεβαιωθείτε ότι ο άξονας περιστρέφεται ελεύθερα και κινείται αξονικά αντίθετα στη σχετική ροδέλα.

Συνδεσμολογήστε διαδοχικά τα κυκλώματα των Σχ. 31-2 και 31-3, που αναφέρονται σε συνδεσμολογία τυλιγμάτων στάτη κατά αστέρα και τρίγωνο αντίστοιχα.



Σχ. 31-2 Διάγραμμα συνδέσεων τριφασικού, διπολικού επαγωγικού κινητήρα με δρομέα κλωβού και με συνδεσμολογία αστέρα



Σχ. 31-3 Διάγραμμα συνδέσεων τριφασικού, διπολικού επαγωγικού κινητήρα με δρομέα κλωβού και με συνδεσμολογία τριγώνου

2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Η ταχύτητα λειτουργίας "n" αυτού του κινητήρα δίνεται από την παρακάτω σχέση

$$n = (1 - s) \frac{60f}{p} \quad (\Sigma\Lambda\Lambda) \quad (31.1)$$

όπου: p = αριθμός ζευγών πόλων ανά φάση, f = συχνότητα τροφοδοσίας (Hz) και s = ολίσθηση. Αν, π.χ. s = 0,05, τότε για συχνότητα τροφοδοσίας 50 Hz η ταχύτητα είναι

$$n = (1 - 0,05) \frac{60(50)}{1} = 2850 \quad \Sigma\Lambda\Lambda$$

και για 60 Hz είναι

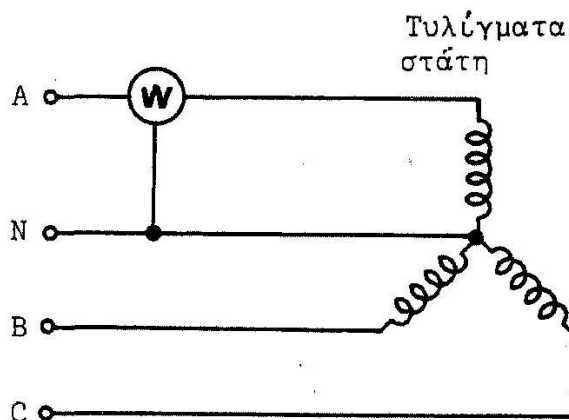
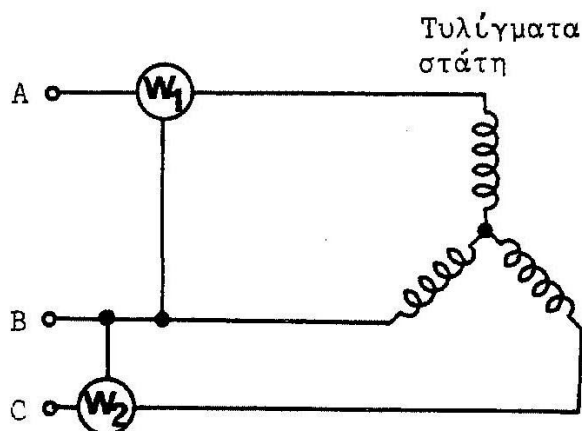
$$n = (1 - 0,05) \frac{60(60)}{1} = 3420 \quad \Sigma\Lambda\Lambda.$$

Αν και η ονομαστική τάση τροφοδοσίας αυτού του κινητήρα

είναι 230 V(πολική)/135V(φασική), αυτός μπορεί να λειτουργήσει και με 415 V(πολική)/240 V(φασική). Στην περίπτωση αυτή τα τυλίγματα του στάτη πρέπει να συνδεθούν κατά αστέρα ώστε η τάση σε κάθε φάση να είναι 240 V.

Δοκιμή με Φορτίο

Συνδέστε την ταινιοπέδη (ή ένα άλλο δυναμόμετρο) στο άκρο κίνησης του άξονα και ρυθμίστε την για μηδενικό αρχικό φορτίο. Θέστε εντός το διακόπτη του τριφασικού τροφοδοτικού και όταν η ταχύτητα του άξονα φτάσει τη σταθερή της τιμή μετρήστε και καταγράψτε το ρεύμα τροφοδοσίας, την τάση τροφοδοσίας και την ταχύτητα του άξονα. Αυξήστε το φορτίο με βήματα των 0,2 N.m μέχρι το 1,4 N.m και με σταθερή τάση στάτη σε κάθε βήμα, μετρήστε και καταγράψτε την ταχύτητα του άξονα και το ρεύμα τροφοδοσίας. Αν υπάρχουν δύο βαττόμετρα χρησιμοποιήστε τα, όπως στο Σχ. 31-4, για να μετρήσετε την ενεργό ισχύ εισόδου του κινητήρα.



α) Μέτρηση με δύο βαττόμετρα

$$W_1 + W_2 = \sqrt{3} VI \cos \theta$$

Όταν $\theta > 60^\circ$ το W_1 έχει αντίθετη ένδειξη. Πρέπει να αντιστραφούν οι συνδέσεις πηνίου ρεύματος ή τάσης του και η ένδειξη του W_1 να θεωρηθεί ως αρνητική.

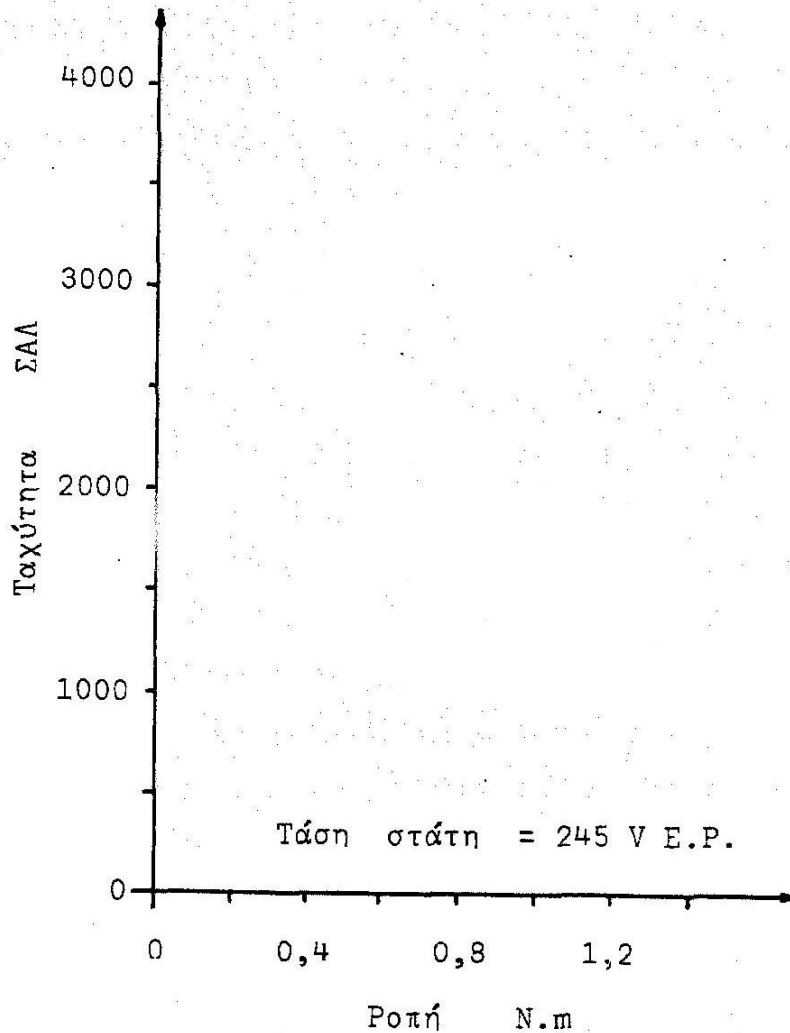
β) Μέτρηση με ένα βαττόμετρο

όταν το σύστημα είναι συμμετρικό

$$3W = \sqrt{3} VI \cos \theta$$

Σχ. 31-4 Μέτρηση ενεργού ισχύος

Από αυτές τις μετρήσεις υπολογίστε την απόδοση και το συντελεστή ισχύος του κινητήρα. Στα Σχ. 31-5 και 31-6 χαράξτε τις χαρακτηριστικές καμπύλες ταχύτητας-ροπής και απόδοσης-φορτίου.

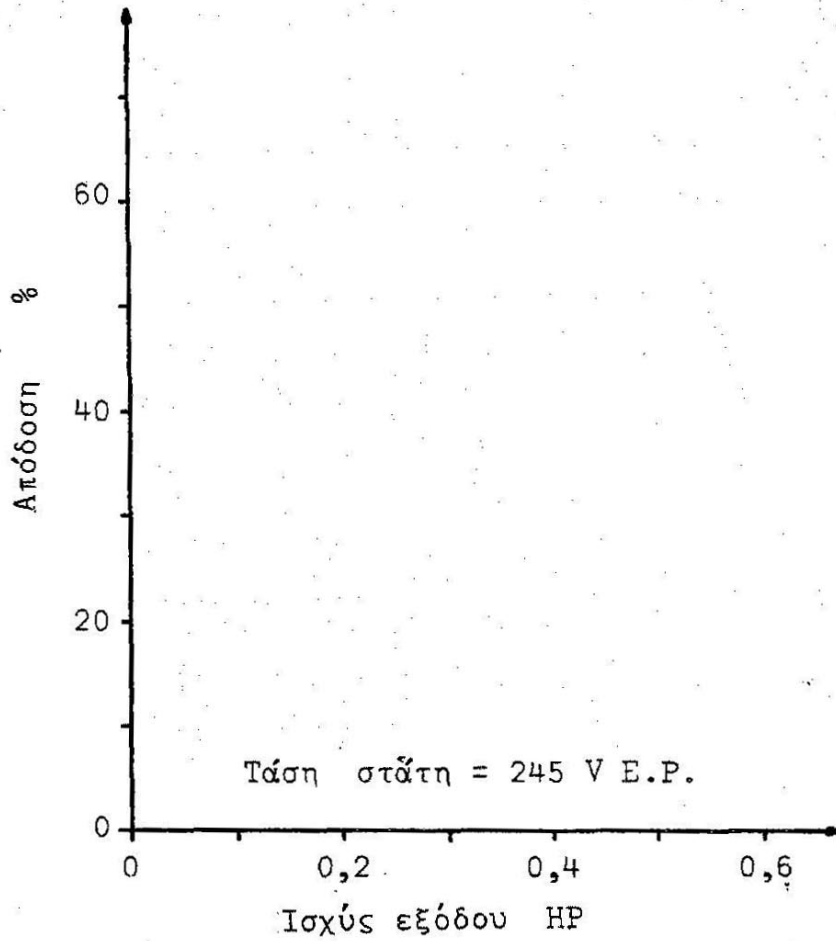


Σχ. 31-5 Χαρακτηριστικές καμπύλες ταχύτητας-ροπής τριφασικού, διπολικού επαγωγικού κινητήρα με δρομέα κλωβού και με συνδεσμολογία τυλιγμάτων στάτη κατά τρίγωνο

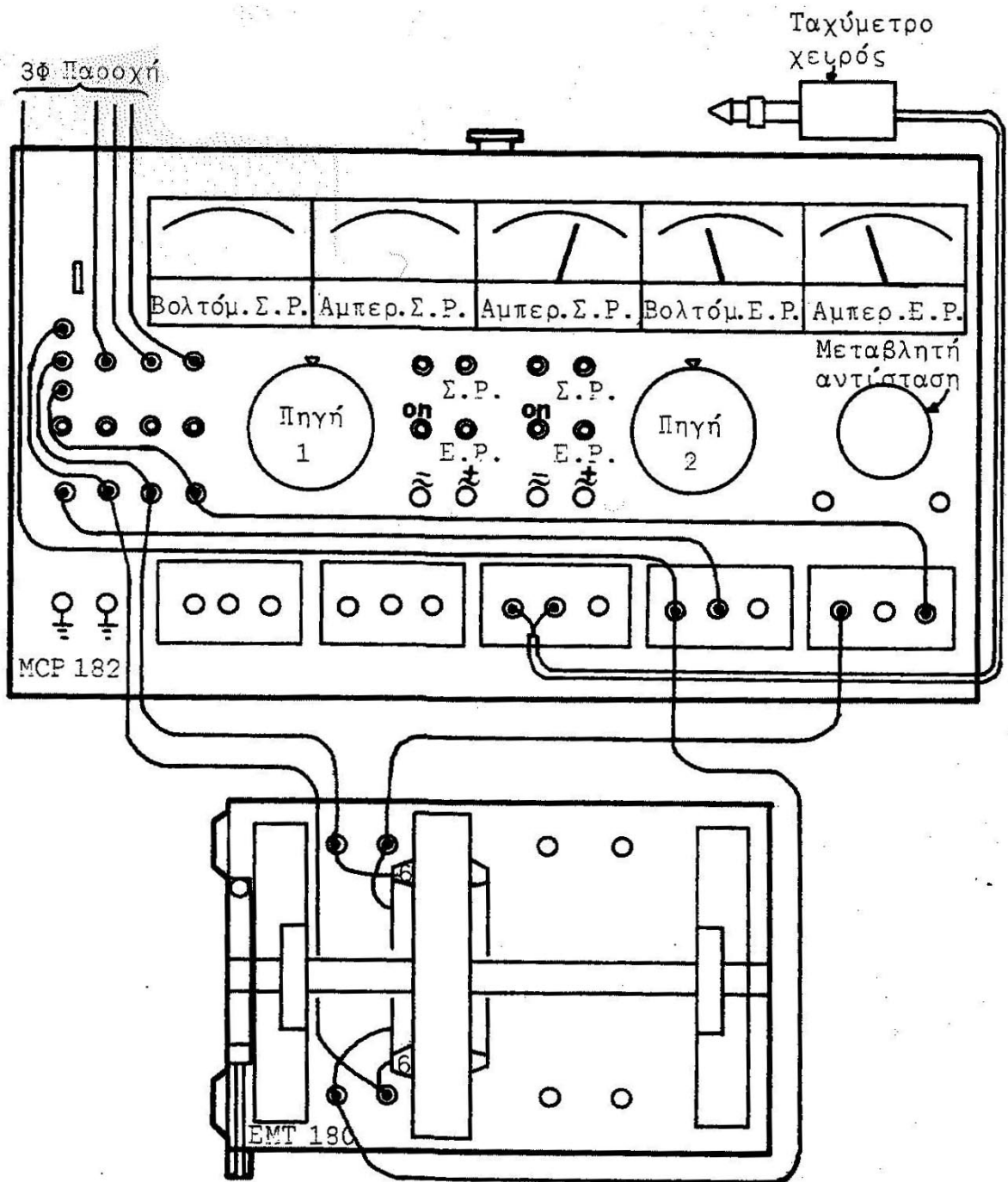
3. ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

Αυτός ο κινητήρας διαφέρει από εκείνον της Εργαστηριακής Άσκησης Αριθ. 32 ως προς τον αριθμό πόλων, δηλ. αυτός έχει ένα ζεύγος πόλων ανά φάση αντί δύο. Από το Σχ. 31-6 φαίνεται ότι η απόδοση (όπως θα διαπιστώσατε και από τα αποτελέσματα των μετρήσεών σας) αυτού του κινητήρα είναι αρκετά καλή, παρά τις μη αντιπροσωπευτικές διαστάσεις της μηχανής EMT 180, σε σύγκριση με τους κινητήρες βιομηχανικής χρήσης.

Για περισσότερες πληροφορίες γύρω από τους μονοφασικούς και τριφασικούς κινητήρες, αναφερθείτε στις Συζητήσεις των Εργαστηριακών Ασκήσεων Αριθ. 32 και Αριθ. 42.



Σχ. 31-6 Χαρακτηριστική καμπύλη απόδοσης-φορτίου τριφασικού, διπολικού επαγωγικού κινητήρα με δρομέα κλωβού και με συνδεσμογία τυλιγμάτων στάτη κατά τρίγωνο



Σημείωση: Για να χρησιμοποιήσετε το Αμπερόμετρο Ε.Ρ. στην άσκηση αυτή, βεβαιωθείτε ότι ο διακόπτης στην πλευρά του πίνακα είναι τοποθετημένος στη θέση NORMAL

Σχ. 31-7 Συνδέσεις τριφασικού, διπολικού επαγωγικού κινητήρα με συνδεσμολογία τυλιγμάτων στάτη κατά αστέρα

32

ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΣ ΤΕΤΡΑΠΟΛΙΚΟΣ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΜΕ ΔΡΟΜΕΑ ΚΛΩΒΟΥ

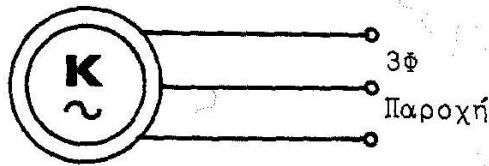
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

- Μονάδα βάσης.
- Πυρήνας στάτη 12 αυλακώσεων.
- Δρομέας κλωβού.
- Πηνία L6 (12).
- Σφήνες αυλακώσεων (12).
- Τροφοδοτικό Ε.Ρ. 240 V, 5 A, 3Φ ή εναλλακτικά 415 V, 5A.
- Τροφοδοτικό Σ.Ρ. 0-20 V, 5 A.
- Βολτόμετρο Ε.Ρ. 0-300/500 V.
- Αμπερόμετρο Ε.Ρ. 0-5 A.
- Βολτόμετρο Σ.Ρ. 0-50 V.
- Αμπερόμετρο Σ.Ρ. 0-5 A.
- Ταχύμετρο χειρός 0-5000 ΣΑΛ.
- Ταινιοπέδη 0-1,5 N.m, 1500 ΣΑΛ.
- Βαττόμετρα EW 604 (2).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στον κινητήρα αυτό τα τυλίγματα του στάτη είναι διαταγμένα, έτσι ώστε να προκύπτει συνδεσμολογία τυλιγμάτων κατά αστέρα ή τρίγωνο και συνδέονται απ'ευθείας σε τριφασική παροχή. Ο δρομέας αποτελείται από μπάρες χαλκού σχήματος κλωβού, οι οποίες είναι εντοιχισμένες σε χαλύβδινο πυρήνα από ελάσματα και βραχυκυκλωμένες μεταξύ τους στα δύο άκρα τους. Τα τυλίγματα του στάτη παράγουν στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο και ο κινητήρας λόγω του δρομέα κλωβού είναι αυτοεκκινούμενος. Η ταχύτητα λειτουργίας του είναι μικρότερη από τη σύγχρονη ταχύτητα. Οι τριφασικοί επαγωγικοί κινητήρες με δρομέα κλωβού χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία, επειδή απαιτούν ελάχιστη συντήρηση, αφού δεν έχουν συλλέκτη, δακτύλιους επαφής και ψήκτρες. Επίσης, έχουν ανθεκτική και όχι δαπανηρή κατασκευή. Η ροπή εκκίνησής τους δεν είναι μεγάλη, πλην όμως μπορεί να αυξηθεί κατασκευάζοντας

το δρομέα κλωβού από μέταλλο με υψηλότερη ειδική αντίσταση από εκείνη του χαλκού. Συχνά χρησιμοποιούνται δρομείς κλωβού κατασκευασμένοι από χυτοαλουμίνιο.



Σχ. 32-1 Διάγραμμα κυκλώματος τριφασικού επαγωγικού κινητήρα με δρομέα κλωβού

1. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ

Τοποθετήστε τον τυλιγμένο στάτη στο ζύγωμα και στερεώστε τον στη θέση του με δύο βίδες 1 1/4" τύπου Allen στις θέσεις των ωρών του ωρολογίου 10.00 και 2.00 με το πηνίο Αριθ. "1" προς τα πάνω.

Περάστε το δρομέα κλωβού στον άξονα, βιδώνοντας τις βίδες του κεντρικού τμήματος στις κωνικές εγχοπές στην πλευρά του άξονα που δεν συνδέεται φορτίο. Τοποθετήστε τον άξονα στα περιβλήματα εδράνων και βιδώστε το αφαιρετό περίβλημα στη βάση της EMT 180. Πριν σφίξετε τελικά τις βίδες του αφαιρετού περιβλήματος εδράνου στη βάση, βεβαιωθείτε ότι ο άξονας περιστρέφεται ελεύθερα και κινείται αξονικά αντίθετα στη σχετική ροδέλα.

Συνδεσμολογήστε διαδοχικά τα κυκλώματα που φαίνονται στα Σχ. 32-2 και 32-3 για συνδεσμολογία τυλιγμάτων στάτη κατά αστέρα και τρίγωνο αντίστοιχα.

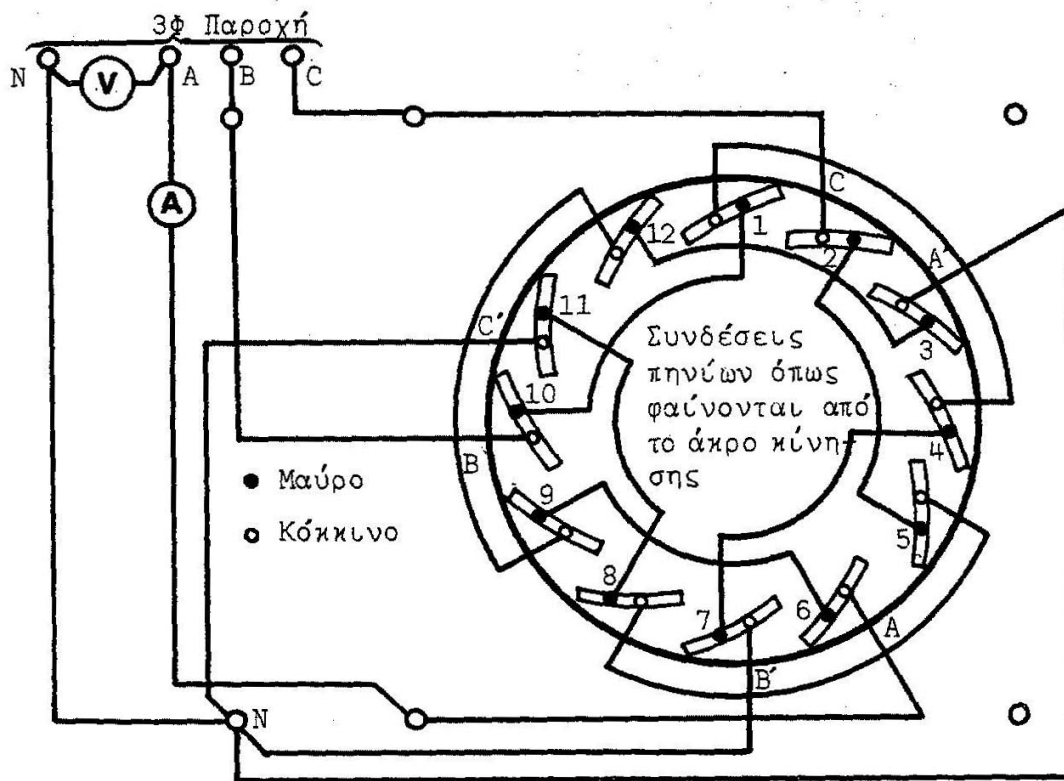
2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Όταν ενεργοποιηθούν τα τυλίγματα του στάτη παράγουν μαγνητικό πεδίο, το οποίο περιστρέφεται με σύγχρονη ταχύτητα n_s που δίνεται από την παρακάτω σχέση

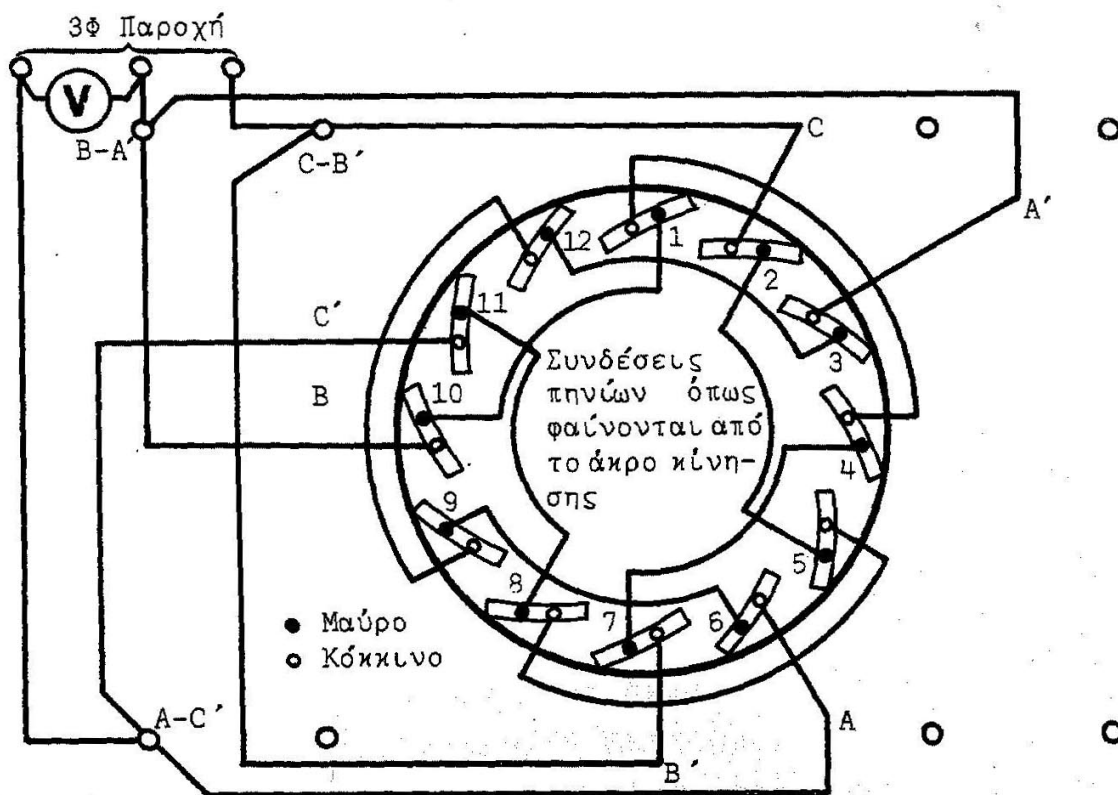
$$n_s = \frac{60f}{p} \quad (\Sigma\Lambda\Lambda) \quad (32.1)$$

όπου: n_s = σύγχρονη ταχύτητα (ΣΑΑ), f = συχνότητα τροφοδοσίας

(Hz) και p = αριθμός ζευγών πόλων ανά φάση.



Σχ. 32-2 Διάγραμμα συνδέσεων τριφασικού, τετραπολικού επαγωγικού κινητήρα με δρομέα κλωβού και με συνδεσμολογία αστέρα



Σχ. 32-3 Διάγραμμα συνδέσεων τριφασικού, τετραπολικού επαγωγικού κινητήρα με δρομέα κλωβού και με συνδεσμολογία τριγώνου

Το στρεφόμενο πεδίο τέμνει τις μπάρες του κλωβού του δρομέα και έτσι προκαλεί σε αυτές την κυκλοφορία ρευμάτων εξ επαγωγής. Εφαρμόζοντας τους Νόμους του Fleming προσδιορίζεται η φορά των επαγόμενων ρευμάτων και μετά των αναπτυσσόμενων δυνάμεων που δρουν στο δρομέα κλωβού. Ο δρομέας περιστρέφεται με φορά ίδια με εκείνη του στρεφόμενου πεδίου του στάτη, αλλά με διαφορετική ταχύτητα, αφού στην αντίθετη περίπτωση δεν θα υπήρχαν επαγόμενα ρεύματα και συνεπώς ούτε ροπή στο δρομέα.

Η διαφορά ταχύτητας μεταξύ του στρεφόμενου πεδίου του στάτη και του δρομέα μπορεί να εκφραστεί με τη βοήθεια της ολίσθησης "s" από την παρακάτω σχέση

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \quad (32.2)$$

όπου: n_s = σύγχρονη ταχύτητα (ΣΑΛ) και n = ταχύτητα δρομέα (ΣΑΛ). Μια τυπική τιμή ολίσθησης "s" ενός επαγωγικού κινητήρα που κινεί φορτίο είναι 0,05.

Η ταχύτητα λειτουργίας του κινητήρα σε ΣΑΛ δίνεται από την παρακάτω σχέση

$$n = (1 - s)n_s = (1 - s) \frac{60f}{p} \quad (\Sigma\Lambda\Lambda) \quad (32.3)$$

Σ'αυτόν τον κινητήρα τα ζεύγη πόλων ανά φάση είναι δύο ($p = 2$) και αν η ολίσθηση είναι 0,05, τότε για συχνότητα τάσης τροφοδοσίας 50 Hz η ταχύτητα περιστροφής του είναι

$$n = (1 - 0,05) \frac{60(50)}{2} = 1425 \quad (\Sigma\Lambda\Lambda)$$

ή αν η συχνότητα της τάσης είναι 60 Hz, τότε η ταχύτητα του κινητήρα είναι

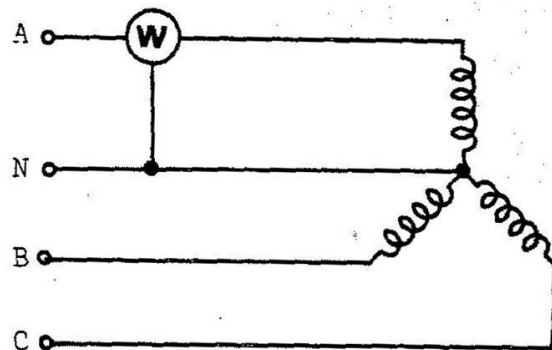
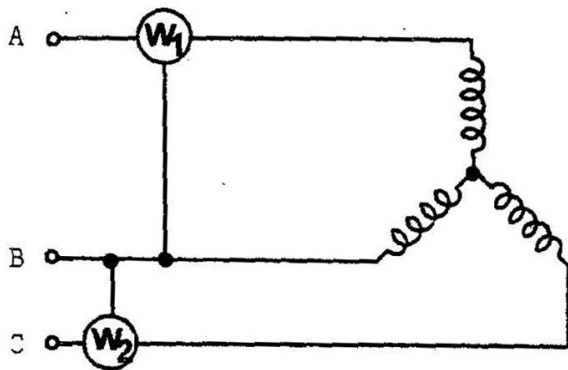
$$n = (1 - 0,05) \frac{60(60)}{2} = 1710 \quad (\Sigma\Lambda\Lambda)$$

Αν και η ονομαστική τάση τροφοδοσίας αυτού του κινητήρα είναι 240 V (πολική)/135 V (φασική), αν χρειαστεί αυτός μπορεί να λειτουργήσει από τροφοδοτικό 415 V (πολική)/240 V (φα-

σική). Στην περίπτωση αυτή για να είναι η τάση σε κάθε φάση 240V τα τυλίγματα του στάτη πρέπει να συνδεθούν κατά αστέρα.

Δοκιμή με Φορτίο

Συνδέστε την ταινιοπέδη ή ένα άλλο δυναμόμετρο στο άκρο κίνησης του άξονα και ρυθμίστε την για μηδενικό αρχικό φορτίο. Θέστε εντός το διακόπτη του τριφασικού τροφοδοτικού και, όταν η ταχύτητα του άξονα φτάσει στην ονομαστική της τιμή, μετρήστε και καταγράψτε το ρεύμα γραμμής τροφοδοσίας, την πολική τάση τροφοδοσίας και την ταχύτητα του άξονα. Αυξήστε το φορτίο με βήματα 0,2 N.m από 0 μέχρι 2,0 N.m και με σταθερή τάση στάτη μετρήστε και καταγράψτε σε κάθε βήμα την ταχύτητα του άξονα και το ρεύμα γραμμής τροφοδοσίας. Αν υπάρχουν δύο βαττόμετρα μπορείτε να τα χρησιμοποιήσετε για να μετρήσετε την ενεργό ισχύ εισόδου του κινητήρα, όπως φαίνεται στο Σχ. 32-4(α).



α) Μέτρηση με δύο βαττόμετρα

$$W_1 + W_2 = \sqrt{3} VI \cos \theta$$

Όταν $\theta > 60^\circ$ το W_1 έχει αντίθετη ένδειξη. Πρέπει να αντιστραφούν οι συνδέσεις πηνίου ρεύματος ή τάσης του και η ένδειξη του W_1 να θεωρηθεί ως αρνητική.

Σχ. 32-4 Μέτρηση ενεργού ισχύος

β) Μέτρηση με ένα βαττόμετρο, όταν το σύστημα είναι συμμετρικό

$$3W = \sqrt{3} VI \cos \theta$$

Από τις παραπάνω μετρήσεις υπολογίστε την απόδοση και το συντελεστή ισχύος του κινητήρα.

3. ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

Η αρχή λειτουργίας του τριφασικού κινητήρα είναι βασικά

όμοια με εκείνη του μονοφασικού κινητήρα που περιγράφεται στη Συζήτηση της Εργαστηριακής Άσκησης Αριθ. 42. Η κύρια διαφορά βρίσκεται στο ότι η τριφασική ενεργοποίηση παράγει πραγματικά στρεφόμενο πεδίο, δηλ. ένα σταθερό πεδίο του οποίου ο άξονας μέγιστης έντασης προχωράει με δύο πολικά βήματα σε κάθε περίοδο της συχνότητας τροφοδοσίας. Συνεπώς, στη μηχανή δύο πόλων το πεδίο πραγματοποιεί μια πλήρη περιστροφή σε μια περίοδο. Αντίθετα, η μονοφασική μηχανή μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει δύο συνιστώσες πεδίου αντίθετα περιστρεφόμενες και λειτουργεί μόνο όταν ο κινητήρας περιστρέφεται σχεδόν με τη σύγχρονη ταχύτητα της μιάς συνιστώσας, δηλ. σε οποιαδήποτε κατεύθυνση. Η άλλη συνιστώσα προκαλεί μια διακύμανση ροπής στο δρομέα.

Συγκριτικά ισχύουν τα παρακάτω:

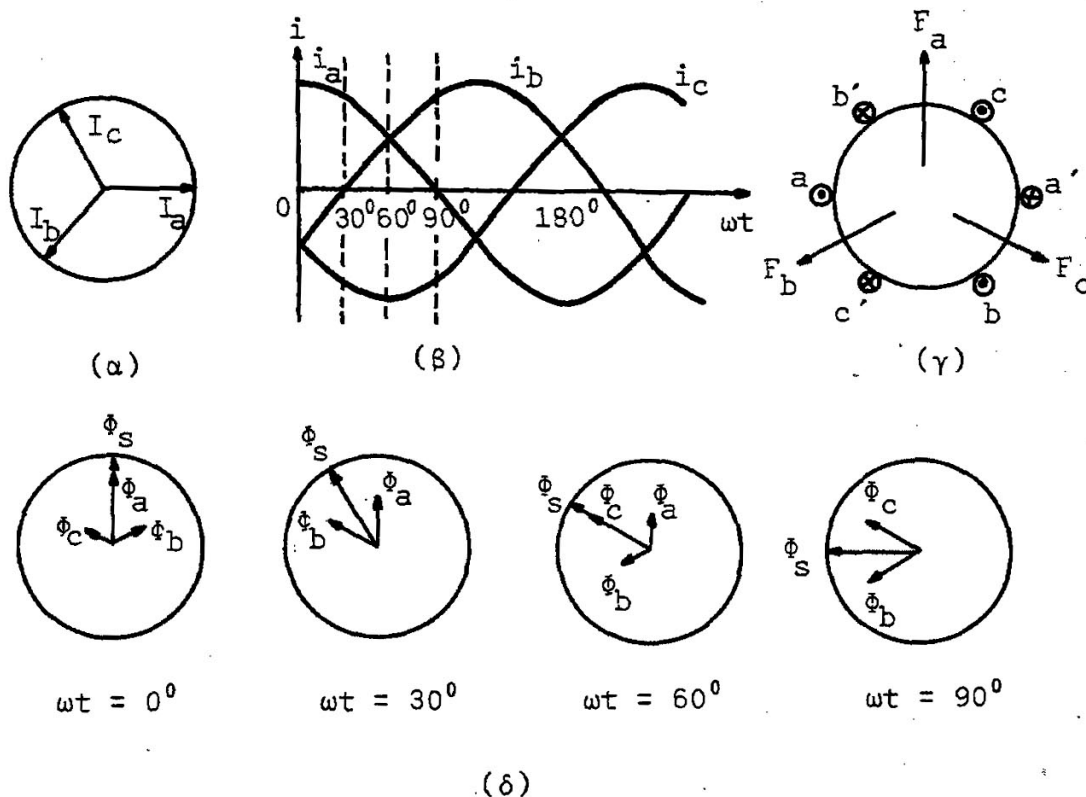
| | Τύπος κινητήρα | |
|------------------|----------------|---------------------------------------|
| | 1Φ | 3Φ |
| Αυτοεκκινούμενος | Όχι | Ναι |
| Σταθερή ροπή | Όχι | Ναι |
| Αναστρέψιμος | Ναι | Ναι, αλλά απαιτείται αλλαγή συνδέσεων |

Ο τρόπος δημιουργίας του στρεφόμενου πεδίου φαίνεται στο Σχ. 32-5, όπου στο Σχ. 32-5(α) φαίνονται οι σχετικές φάσεις ενός τριφασικού τροφοδοτικού και στο Σχ. 32-5(β) φαίνονται οι κυματομορφές των ρευμάτων σε συνάρτηση με το χρόνο.

Στο Σχ. 32-5(γ) παριστάνονται διαγραμματικά οι κατευθύνσεις της μέγιστης έντασης του πεδίου που παράγεται από τα ρεύματα των συγκεντρωμένων τυλιγμάτων του διπολικού στάτη, για την κατεύθυνση των ρευμάτων που δείχνει το σχήμα.

Στο Σχ. 32-5(δ) παριστάνονται οι στιγμιαίες εντάσεις του πεδίου, που προκύπτουν από κάθε ένα από τα τρία τυλίγματα τις αντίστοιχες χρονικές στιγμές, δηλ. 0° , 30° , 60° και 90° . Επίσης, φαίνεται το συνιστάμενο πεδίο το οποίο έχει σταθερή ένταση, δηλ. είναι σταθερό και όχι εναλλασσόμενο, αλλά περιστρέφεται αριστερόστροφα και με γωνία ίδια με εκείνη της τά-

σης τροφοδοσίας Ε.Ρ. Συνεπώς, είναι ισοδύναμο με την περιστροφή των πόλων ενός μόνιμου μαγνήτη γύρω από το δρομέα. Η φορά περιστροφής αντιστρέφεται με την αλλαγή οποιωνδήποτε δύο από τις τρεις συνδέσεις της τριφασικής τροφοδοσίας, π.χ. με τη σύνδεση το i_a στο τύλιγμα "b" και το i_b στο τύλιγμα "a".



Σχ. 32-5 Δημιουργία στρεφόμενου πεδίου στάτη

Οι μονοφασικοί κινητήρες, αν και χρησιμοποιούνται ευρέως σε σχετικά μικρά μεγέθη ισχύος, έχουν μικρότερη απόδοση από τους τριφασικούς κινητήρες μεγάλων μεγεθών ισχύος. Για περισσότερες πληροφορίες εφαρμογών αναφερθείτε στο Κεφάλαιο "Προσαρμογή του Κινητήρα στο Φορτίο του" του Τμήματος 2 του Εργαστηριακού Εγχειριδίου. Επίσης, αναφερθείτε στο Κεφάλαιο περί "Στρεφόμενων Πεδίων" στη Βασική Θεωρία του Τμήματος 3 του ίδιου εγχειριδίου.

Εφαρμογή 1

Επαληθεύστε ότι η αλλαγή δύο από τις τρεις συνδέσεις του

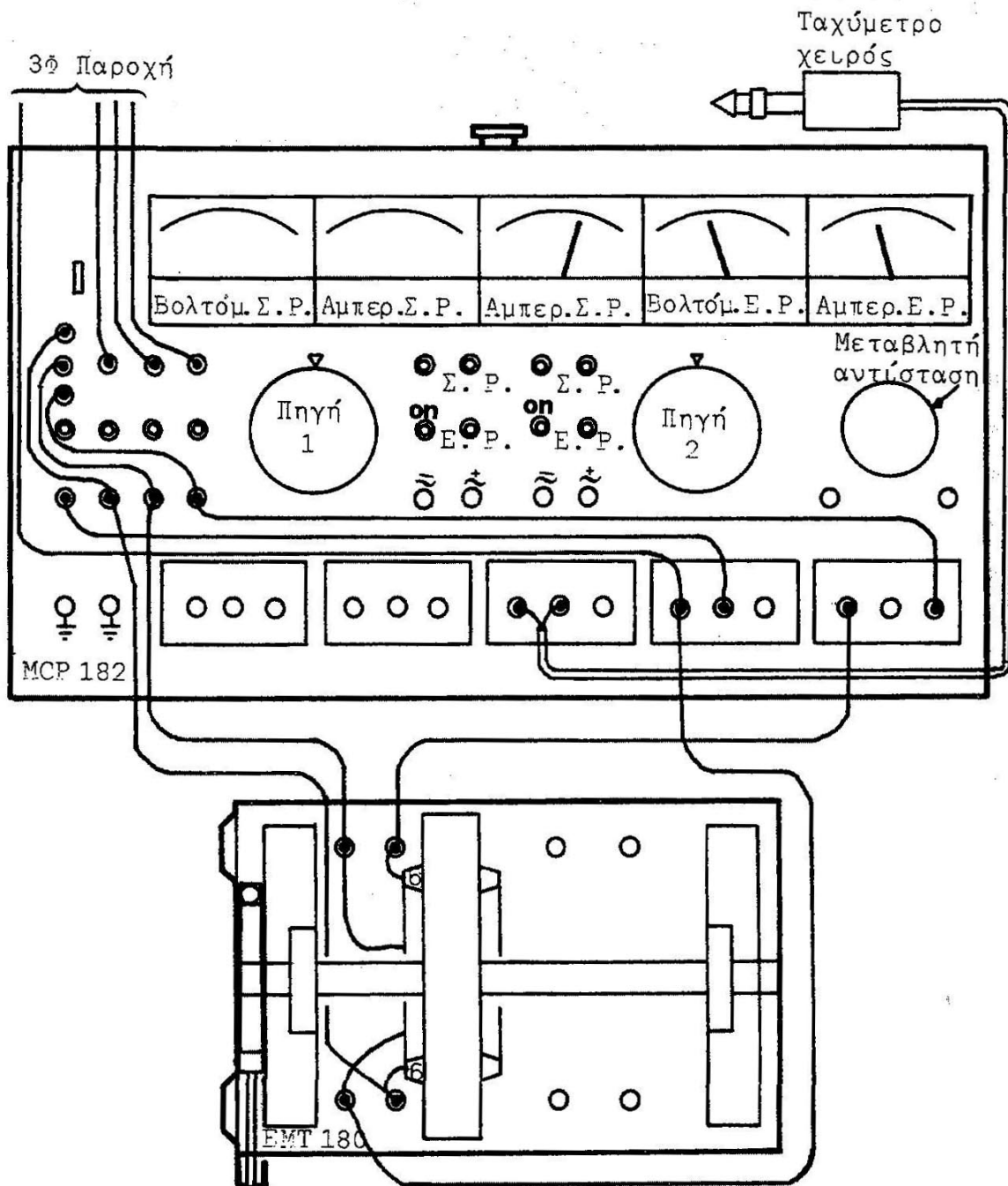
τροφοδοτικού προκαλεί την αντιστροφή της φοράς περιστροφής του πεδίου του στάτη και επομένως του άξονα του κινητήρα.

Ερώτηση 1: Προκύπτει το ίδιο αποτέλεσμα με την αλλαγή των συνδέσεων των άκρων ενός τυλίγματος; Αν όχι εξηγήστε.

Απαντήσεις:

Εφαρμογή 1

1.



Σημείωση: Για να χρησιμοποιήσετε το Αμπερόμετρο Ε.Ρ. στην άσκηση αυτή, βεβαιωθείτε ότι ο διακόπτης στην πλευρά του πίνακα είναι τοποθετημένος στη θέση NORMAL

Σχ. 32-6 Συνδέσεις τριφασικού, τετραπολικού επαγωγικού κινήτηρα με συνδεσμολογία τυλιγμάτων στάτη κατά αστέρα